

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-007599

(43)Date of publication of application : 10.01.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
 B82B 3/00
 H01S 5/02
 H01S 5/06
 // B23K 26/00
 B23K101:40

(21)Application number : 2001-191780

(71)Applicant : JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY CORP

(22)Date of filing : 25.06.2001

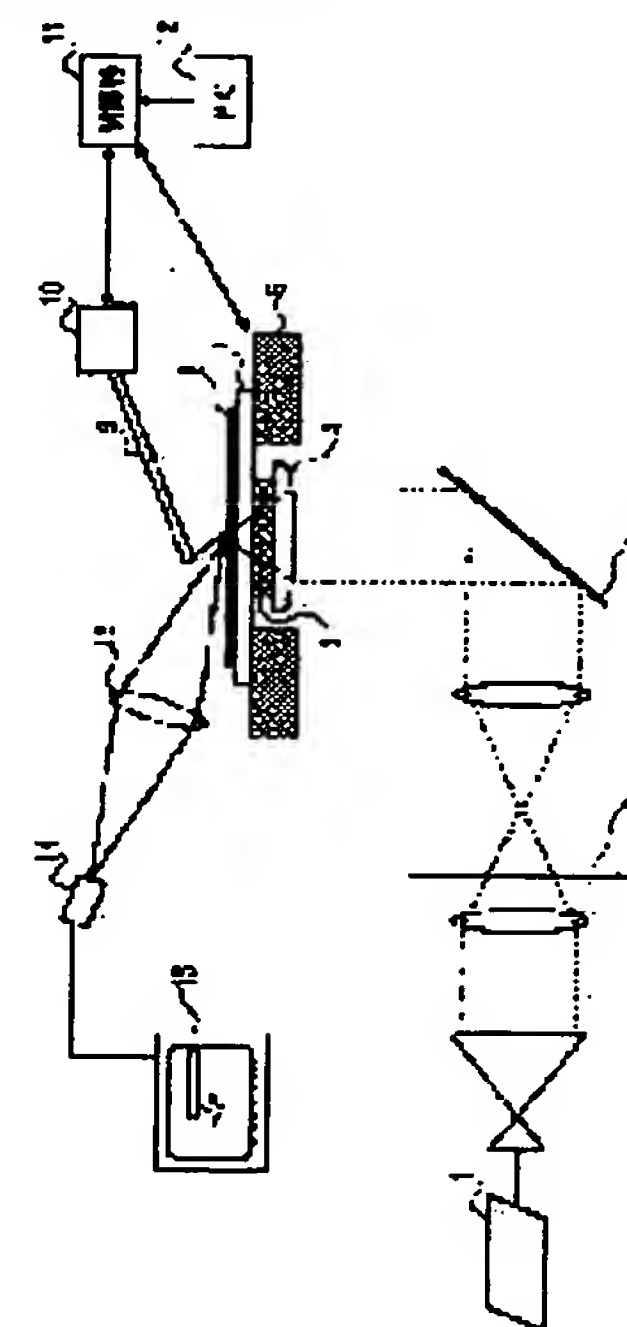
(72)Inventor : KAWADA SATOSHI
INOUE KOJI

(54) METHOD AND DEVICE FOR FORMING PATTERN WITH PROXIMITY FIELD LIGHT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and a device for forming a pattern with proximity field light arranged as a proximity field light lithography developed from a proximity field microscope employing a probe in which highly accurate control can be ensured while reducing the size.

SOLUTION: The system for forming a pattern with proximity field light by irradiating a plane coated with photosensitive resist 8 with proximity field light from an exposure light source comprises a probe (cantilever) 9 having a extremely thin forward end generating proximity field light disposed on the surface of the photosensitive resist 8, and a unit for irradiating blue semiconductor laser light, while converging, from the rear side of the photosensitive resist 8 disposed at the forward end of the probe (cantilever) 9.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

10.07.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-7599

(P2003-7599A)

(43)公開日 平成15年1月10日(2003.1.10)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	特許出願公開番号
H 0 1 L	21/027	B 8 2 B	3/00
B 8 2 B	3/00	H 0 1 S	5/02
H 0 1 S	5/02		5/06
	5/06	B 2 3 K	26/00
// B 2 3 K	26/00		101: 40

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-191780(P2001-191780)

(22)出願日 平成13年6月25日(2001.6.25)

(71)出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72)発明者 河田 聡

大阪府箕面市箕面4-1-18

(72)発明者 井上 康志

兵庫県宝塚市仁川高丸1-12-6

(74)代理人 100089635

弁理士 清水 守

Fターム(参考) 4E068 DA09

5F046 BA07 CA03

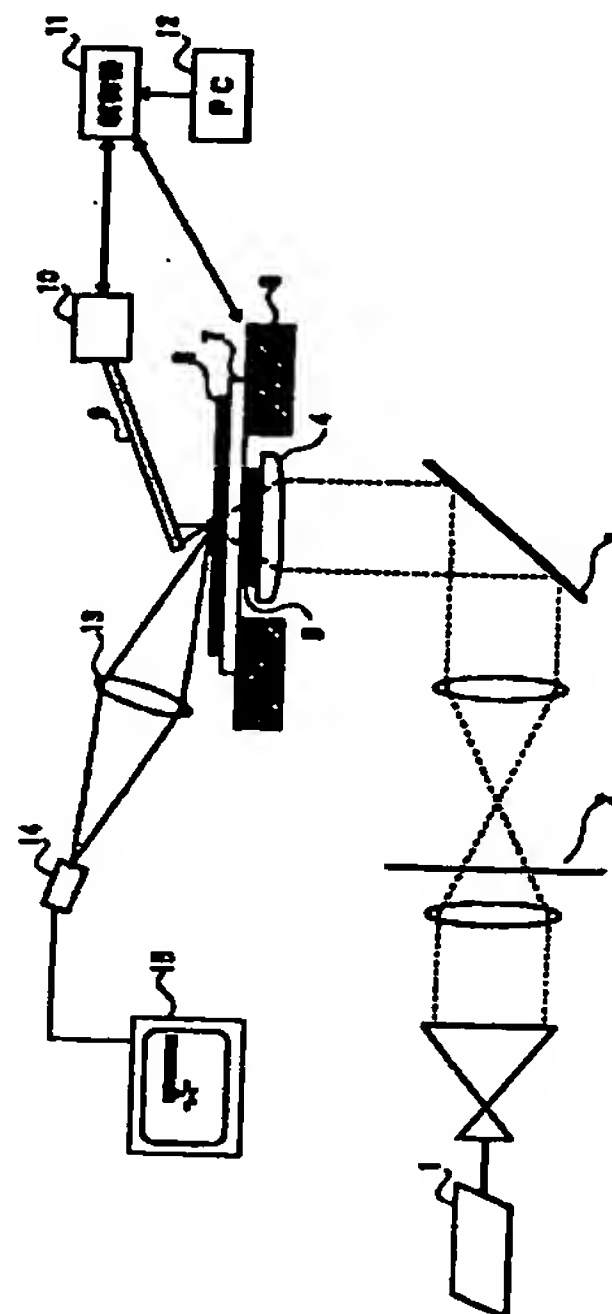
5F073 AB27 AB29 BA09 EA07 EA29

(54)【発明の名称】 近接場光によるパターン形成方法およびその装置

(57)【要約】

【課題】 小型で高精度な制御ができる、探針を用いた近接場顕微鏡を発展させた近接場光リソグラフィーとして構成した近接場光によるパターン形成方法およびその装置を提供する。

【解決手段】 光感光性レジスト8を塗布した面に近接場光を露光光源として照射しパターンを形成する近接場光によるパターン形成装置において、前記光感光性レジスト8の表面に配置され、前記近接場光を発生させる先端が極細の探針(カンチレバー)9と、この探針(カンチレバー)9の先端に前記光感光性レジスト8の裏面側から照射・収束させる青色半導体レーザ光の照射装置とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光感光性レジストを塗布した面に近接場光を露光光源として照射しパターンを形成する近接場光によるパターン形成方法において、

前記近接場光を発生させる先端を極細にした探針を、前記光感光性レジストの表面に配置し、前記探針の先端にレーザ光を、前記光感光性レジストに照射・収束させることにより、電場増強された近接場光を用いることを特徴とする近接場光によるパターン形成方法。

【請求項2】 請求項1記載の近接場光によるパターン形成方法において、前記レーザ光は青色半導体レーザ光とし、前記光感光性レジストに裏面又は側面から照射・収束させることを特徴とする近接場光によるパターン形成方法。

【請求項3】 請求項1記載の近接場光によるパターン形成方法において、前記近接場光を発生させる先端を極細にした探針を、前記光感光性レジストの表面に配置し、前記探針の先端に青色半導体レーザ光を、前記光感光性レジストの裏面側から照射・収束させることにより、電場増強された近接場光を用いることを特徴とする近接場光によるパターン形成方法。

【請求項4】 請求項1記載の近接場光によるパターン形成方法において、前記探針は、先端曲率が50nm以下のカンチレバーであることを特徴とする近接場光によるパターン形成方法。

【請求項5】 請求項3記載の近接場光によるパターン形成方法において、前記探針は、金属または誘電体あるいは半導体からなることを特徴とする近接場光によるパターン形成方法。

【請求項6】 請求項4記載の近接場光によるパターン形成方法において、シリコンのカンチレバーで、前記光感光性レジストがg線用のレジストを厚さ100nm塗布し、405nmの青色半導体レーザ光で描画することを特徴とする近接場光によるパターン形成方法。

【請求項7】 請求項6記載の近接場光によるパターン形成方法において、毎秒約100μmの描画速度で5~10mJ/cm²の低パワーで幅100nm、深さ10nmの複数の線を描くことを特徴とする近接場光によるパターン形成方法。

【請求項8】 光感光性レジストを塗布した面に近接場光を露光光源として照射しパターンを形成する近接場光によるパターン形成装置において、(a)前記光感光性レジストの表面に配置され、前記近接場光を発生させる先端が極細の探針と、(b)該探針の先端に前記光感光性レジストに照射・収束させるレーザ光の照射装置とを具備することを特徴とする近接場光によるパターン形成装置。

【請求項9】 請求項8記載の近接場光によるパターン形成装置において、前記探針は、先端曲率が50nm以下のカンチレバーであることを特徴とする近接場光によ

るパターン形成装置。

【請求項10】 請求項9記載の近接場光によるパターン形成装置において、前記探針は、金属または誘電体あるいは半導体からなることを特徴とする近接場光によるパターン形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、近接場光を用いて超微細加工を行う近接場光によるパターン形成方法およびその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光リソグラフィー技術は、半導体プロセスにおいては必要不可欠の要素技術である。

【0003】光を用いるリソグラフィーでは、光の回折限界が分解能や精度の限界となると言われている。そこで、半導体の微細化を進めるため、露光に用いる光の波長を短くすることが採られ、波長はg線(436nm)、i線(365nm)から、そしてエキシマレーザ(248nm、193nm)へと短波長化されてきたが、回折限界は波長の半分程度と言われ、エキシマを用いても分解能は、高々100nmにしかならなかった。

【0004】また、光以外の電子線、X線を用いるリソグラフィーは、設備が大がかりであり、スルーブットに、またマスクやレジスト材の開発を要する等の問題がある。

【0005】一方、微小孔を有する、または微細探針(プローブ)を用いる近接場顕微鏡、特に、ニアフィールド走査顕微鏡(NSOM)の発展が近年めざましく、分子スケールの像が観察されるようになった。ここで用いられる探針は4種類ある。すなわち、(a)微小開口、(b)微小プローブ、(c)微細光導波路、(d)金属コートされた微細光導波路であり、これらを用いた近接場光による微細加工が検討されている。

【0006】なお、先行参照文献としては、以下のよう

なものが挙げられる。

【0007】(1)井上 河田 応用物理 第67巻 第12号 pp1376-1382(1998)

(2)河田、計測と制御、第38巻、第12号、pp737-741(1999)

(3)河田 東レリサーチセンター刊 THE TRC NEWS No. 73(2000)

(4)特開平4-291310号公報「金属コートファイバ型」

(5)特開平7-106229号公報「ファイバ型」

(6)特開平8-179493号公報「マスクを用いる微小開口」

(7)特開平10-326742号公報「ファイバ型」

(8)特開平11-145051号公報「マスク」

(9)特開平11-233427号公報「微小開口」

(10)特開2000-321756号公報「マスク」

更に、本願発明者によって金属探針を用いた近接場顕微鏡に関する提案が、既に、文献：Optics Communications 183, pp333-336 (2000)、Optics Letters, 19, pp159-161 (1994) 及び特開2000-81383号として示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記したファイバ型では、微細加工のためには先端の孔部分を細くする必要があるため、入射光の半波長以下では光の利用効率が大幅に低下してしまい、極めて微弱な光しか得られず、加工に長い時間を要するという問題がある。これは、マスクを用いた方式でも同様である。そのため金属探針を用いた方式のみが可能である。

【0009】また、上記した金属探針を用いた近接場顕微鏡においては、小型で、高い解像度を有し、サイズおよび位置の正確な制御ができるものが要望されている。

【0010】本発明は、上記情況に鑑みて、小型で高精度な制御ができる、探針を用いた近接場顕微鏡を発展させた近接場光リソグラフィーとして構成した、近接場光によるパターン形成方法およびその装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、

【1】光感光性レジストを塗布した面に近接場光を露光光源として照射しパターンを形成する近接場光によるパターン形成方法において、光感光性レジストを塗布した面に近接場光を露光光源として照射しパターンを形成する近接場光によるパターン形成方法において、前記近接場光を発生させる先端を極細にした探針を、前記光感光性レジストの表面に配置し、前記探針の先端にレーザ光を、前記光感光性レジストに照射・収束させることにより、電場増強された近接場光を用いることを特徴とする。

【0012】【2】上記【1】記載の近接場光によるパターン形成方法において、前記レーザ光は青色半導体レーザ光とし、前記光感光性レジストに裏面又は側面から照射・収束させることを特徴とする。

【0013】【3】上記【1】記載の近接場光によるパターン形成方法において、前記近接場光を発生させる先端を極細にした探針を、前記光感光性レジストの表面に配置し、前記探針の先端に青色半導体レーザ光を、前記光感光性レジストの裏面側から照射・収束させることにより、電場増強された近接場光を用いることを特徴とする。

【0014】【4】上記【1】記載の近接場光によるパターン形成方法において、前記探針は、先端曲率が50nm以下のカンチレバーであることを特徴とする。

【0015】【5】上記【3】記載の近接場光によるパ

ターン形成方法において、前記探針は、金属または誘電体あるいは半導体からなることを特徴とする。

【0016】【6】上記【4】記載の近接場光によるパターン形成方法において、シリコンのカンチレバーで、前記光感光性レジストがg線用のレジストを厚さ100nm塗布し、405nmの青色半導体レーザ光で描画することを特徴とする。

【0017】【7】上記【6】記載の近接場光によるパターン形成方法において、毎秒約100μmの描画速度で5~10mJ/cm²の低パワーで幅100nm、深さ10nmの複数の線を描くことを特徴とする。

【0018】【8】光感光性レジストを塗布した面に近接場光を露光光源として照射しパターンを形成する近接場光によるパターン形成装置において、前記光感光性レジストの表面に配置され、前記近接場光を発生させる先端が極細の探針と、この探針の先端に前記光感光性レジストに照射・収束させるレーザ光の照射装置とを具備することを特徴とする。

【0019】【9】上記【8】記載の近接場光によるパターン形成装置において、前記探針は、先端曲率が50nm以下のカンチレバーであることを特徴とする。

【0020】【10】上記【9】記載の近接場光によるパターン形成装置において、前記探針は、金属または誘電体あるいは半導体からなることを特徴とする。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0022】図1は本発明の実施例を示す近接場リソグラフィー装置の要部模式図、図2は本発明の実施例を示す近接場リソグラフィー装置の全体模式図である。

【0023】これらの図において、1はレーザ(405nm)、2はマスク、3はミラー、4は対物レンズ(開口度1.4)、5はオイル、6はPZTステージ、7はスライドガラス、8はそのスライドガラス7上に形成された光感光性レジスト、9は探針(カンチレバー)、10はPZTスキャナー、11は制御器、12はPC(パーソナルコンピュータ)、13は集光レンズ、14は光検出器、15は観察装置である。

【0024】このように、光感光性レジスト8を塗布した面に近接場光を露光光源として照射し、面にパターンを形成する方法において、近接場光を発生する探針9は先端が50nm以下であって、中実の金属探針または誘電体探針あるいは半導体探針である。なお、先端の曲率は50nm以下でよい。例えば、探針9はシリコンまたはシリコンに金属をコーティングしたカンチレバーである。

【0025】ここで、探針9先端に照射する光の波長は450nm以下の青色半導体レーザが望ましい。

【0026】また、探針9の先端に照射する光の波長は800nmで、二光子吸収を用いて、光感光性レジスト

8の吸収帯である400nm近辺に相当させることもできる。

〔具体例〕レジスト膜は、g線(436nm)対応のポジ型(シップレイ社製マイクロポジットS1800)ガラス基板上にスピンコートで膜厚110nm、プリベーク100℃、25分で成膜する。

〔0027〕探針先端とレジスト膜間の距離は0-10nm(実際には0-数nm)に制御する。

〔0028〕探針はシリコン製で、先端曲率は20nmのものをを用いる。市販品は10nm以下があるので、極細を用いればより微細な加工が出来る。

〔0029〕レーザパワーは5~20mJ/cm²で変化させ、405nm半導体レーザを用いる。

〔0030〕なお、二光子吸収のときは800nmレーザを、三光子吸収のときは1200nmのレーザを用いるようにしてもよい。

〔0031〕探針走査は、25μm角の範囲で2.5μmピッチで線を描画する。このとき、走査速度は、25μmを143ms(175μm/s)、220ms(114μm/s)である。

〔0032〕その詳細な説明は後述するが、図3に示すように、僅か5~10mJ/cm²のエネルギーで100nm幅であり、そのプロファイルが図4に示され、それらの複数本の線の写真が図5に示されている。

〔0033〕比較例として、図6に示すように、近接場光を用いない場合は、35.7mJ/cm²以上のパワーを必要とし、線幅の最小は312nmである。

〔0034〕応用例としては、以下のようなものを挙げることができる。

〔0035〕(1)半導体プロセスでのレジスト描画
(2)低パワー青色レーザ照射による光メモリーに高密度記録を行うことができ、その場合波長400nm近辺で光を吸収するポリシランを利用することができる。

〔0036〕(3)光CVD

上記したように、本発明は、原子間力顕微鏡(AFM)を用いた、無開口型光近接場ファブリケーションを示すものである。この技術により、ガラス基板上にスピンコーティングしたポジティブフォトレジスト上に、100nmのラインを直接パターン化する。ナノ構造ファブリケーションは、405nmのレーザ光で照射した無開口型探針のチップ先端で発生する電場増強(FE)を利用して行う。その結果、エネルギー線量が増加するにつれて、作製したラインのライン幅の増大が観察された。

〔0037〕このように、本発明では、原子間力顕微鏡(AFM)上に載置した、レーザ照射をした無開口型探針(カンチレバー)の近傍にナノメートルのフォトレジストラインを作製する。この技術により、従来の走査型探針顕微鏡の限界を克服でき、AFMやSTMの無開口型探針を容易に作製できる。AFMを用いると、チップ先端に発生する電場増強(FE)を利用するために、走

査速度が早く、正確なサイズや位置の制御が可能となる。さらに、安価であることに加えて、他の研究者らが実証したような、直接観察やレジストパターンの修正が可能となる。STMとは異なりAFMは、望ましくない露光もなく、どんなタイプの材料でも用いることができる。

〔0038〕本発明にかかる装置は、図1に示したように、405nmのレーザダイオード1と組み合わせたAFMと、無開口型探針(カンチレバー)9に光を当てるための集光光学システムとで構成されている。ここで、用いている無開口型探針9は、数十ナノメートル(~20nm)のシリコンで作られており、イメージングとパターンニングの両方に用いる。スライドガラス7上に光感光性レジスト8をスピンコーティングし、100℃で25分間余熱することにより、フィルム厚さ110nmのポジティブなフォトレジスト(シップレイ社製マイクロポジットS1800)を形成した。数ナノメートルの距離にある集光点をフォトレジストに接近させるために、AFMをタッピングモードで動作させた。これにより、FEにより、ファーフールドでの研究から得た閾値線量を局所的に超えられるので、作製を開始することができる。25μm×25μm、ライン間の距離2.5μmのラスター走査によりレジストを露光した。露光線量は、PC12によりPZTステージ6の走査速度を変えることにより制御した。この方法により、単にパターンプログラムを変えるだけで、異なる微小パターンを描くことができる。露光した試料は、マイクロポジット現像液と17MΩの水のそれぞれに、1分間現像した。

〔0039〕図6は近接場を用いない露光で得たフォトレジストの露光特性の典型例を示す図である。

〔0040〕この図から明らかなように、レジストの幅と深さは、露光エネルギーの増加とともに増加している。このエネルギーの増加は、走査速度を遅くすることにより行う。閾値エネルギー線量は35.7mJ/cm²である。そして、このエネルギーにおける線幅は312nmであり、回折理論から算出した近接場を用いないスポットサイズである352nmよりわずかに狭い。近接場を用いない35.7mJ/cm²での光重合に対する閾値線量より低い線量で露光した試料では、パターンは見られなかった。

〔0041〕本発明の近接場における実験の場合、試料を閾値線量より低い線量で露光した。チップ先端の局所FE効果のために、露光に必要な閾値線量を高めることができ、それゆえにレジストの光重合が可能である。

〔0042〕図3は近接場での露光に基づく、試料のレジストの厚さおよび深さの依存関係を、エネルギーを閾値として示したものである。ここでは、実験を通してチップ先端のFEは一定であると仮定する。

〔0043〕この図から明らかなように、エネルギーが増加すると、線幅の増加が観察された。

【0044】さらに、望ましくない露光や、近接場での露光後の試料の変化は見られなかった。これらの結果から、単に走査速度（露光時間）またはレーザパワーを変更するか、もしくは走査ステージを移動させるかのいずれかの方法を用いるだけで、線幅およびパターン位置を正確に制御することができることがわかった。

【0045】図4は現像後の異なる露光時間において無開口型NSOMを用いて描いた線パターンのAFM画像（ $2.5\mu\text{m} \times 2.5\mu\text{m}$ ）である。

【0046】挿入した横断面図はパターンの線幅と深さをはっきりと示している。また、露光領域は、 $2.5\mu\text{m}$ の間隔において、10本の平行な線で構成されており、各線の線幅はおよそ10nmの差で変化していることがわかる。

【0047】また、走査率（ $25\mu\text{m}/143\text{msec}$ ）を計算すると、およそ $175\mu\text{m}/\text{s}$ である。このように、露光時間の減少を補償するためにレーザパワーを増大させながら、走査速度を速くすることにより、走査率を増加させることができる。

【0048】このような結果に基づき、描かれたパターンの表面の線幅（ $\sim 100\text{nm}$ ）は、無開口型探針の径の5～10倍広いが、計算した近接場を用いないスポットサイズより狭いことがわかった。このことは、作製したパターンが、局所的に増強した電場によるものであることを明確に示している。

【0049】結論として、無開口型NSOMを用いて初めて、ポジティブフォトリソストにおけるナノ構造ファブリケーションの研究がなされ、 100nm という小さい寸法のパターンを作製するための新しい方法が示された。近接場実験では、作製した線の線幅の増加も観察された。

【0050】以上のように、本発明は、いくつかの期待できる特徴を有している。すなわち、（1）開口型探針を用いたどの走査探針顕微鏡技術よりも安価で速い。

（2）望ましくない露光がない。（3）高い解像度を有し、サイズおよび位置の正確な制御ができる。（4）直接観察および修正が可能である。（5）生産性と高い解像度を達成するために、コントラストの濃い平行な光線（dense parallel ray）での小型化が可能である。

【0051】さらにこの技術は、照射した無開口型金属チップの近接場におけるナノメートルサイズの光源の概念を詳細に研究し、明らかにするためにも利用することができる。

【0052】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能

であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0053】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

【0054】小型で高精度な制御ができる、探針を用いた近接場顕微鏡を発展させた近接場光リソグラフィとして構成することができる。

【0055】特に、（a）開口型探針を用いたどの走査探針顕微鏡技術よりも安価で速い。（b）望ましくない露光がない。（c）高い解像度を有し、サイズおよび位置の正確な制御ができる。（d）直接観察および修正が可能である。（e）生産性と高い解像度を達成するために、カンチレバーアレイによる同時描画を行うことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示す近接場リソグラフィー装置の要部模式図である。

【図2】本発明の実施例を示す近接場リソグラフィー装置の全体模式図である。

【図3】近接場での露光に基づく、試料のレジストの厚さおよび深さの依存関係を、エネルギーを関数として示す図である。

【図4】図3のプロファイルを示す図である。

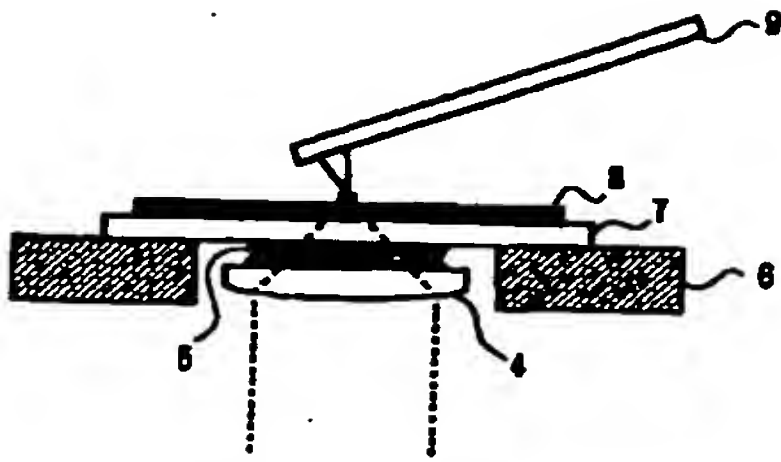
【図5】図3のそれらの複数本の線の写真を示す図である。

【図6】近接場を用いない露光に基づく、試料のレジストの厚さおよび深さの依存関係を、エネルギーを関数として示す図である。

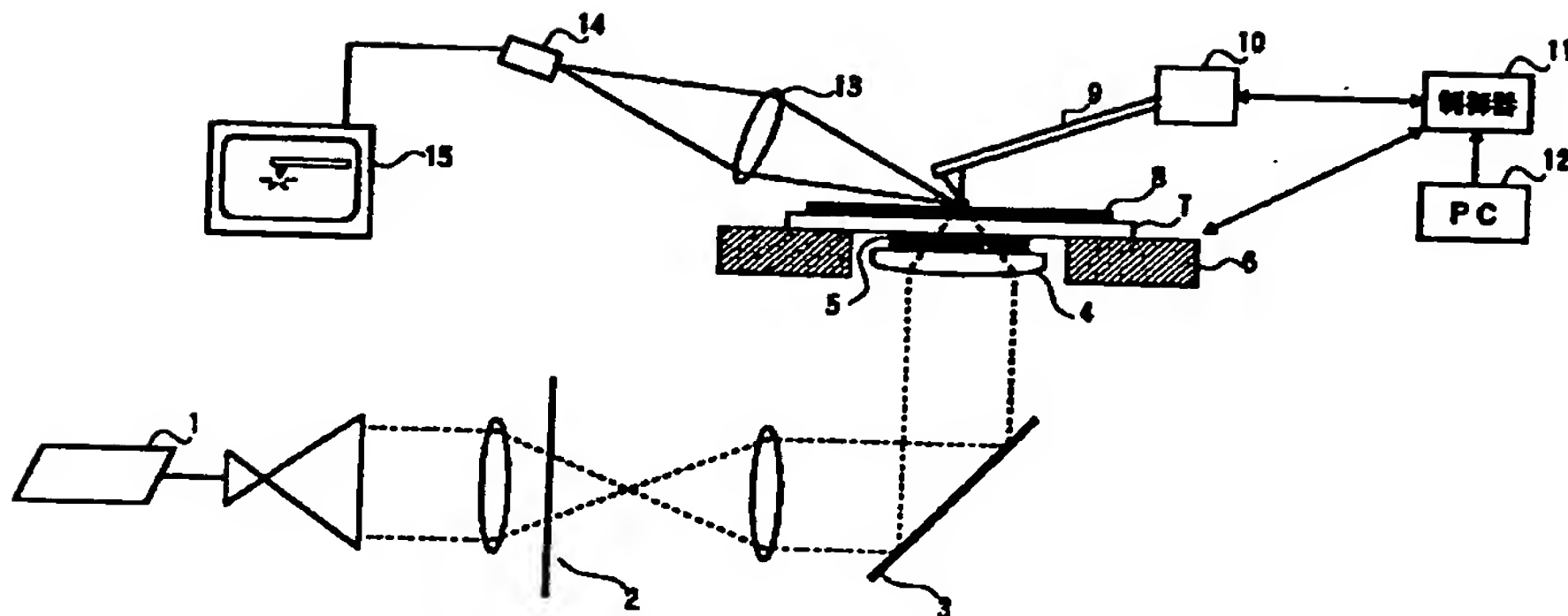
【符号の説明】

- | | |
|----|-----------------------|
| 1 | レーザ（ 405nm ） |
| 2 | マスク |
| 3 | ミラー |
| 4 | 対物レンズ（開口度1.4） |
| 5 | オイル |
| 6 | PZTステージ |
| 7 | スライドガラス |
| 8 | 光感光性レジスト |
| 9 | 探針（カンチレバー） |
| 10 | PZTスキャナー |
| 11 | 制御器 |
| 12 | PC（パーソナルコンピュータ） |
| 13 | 集光レンズ |
| 14 | 光検出器 |
| 15 | 観察装置 |

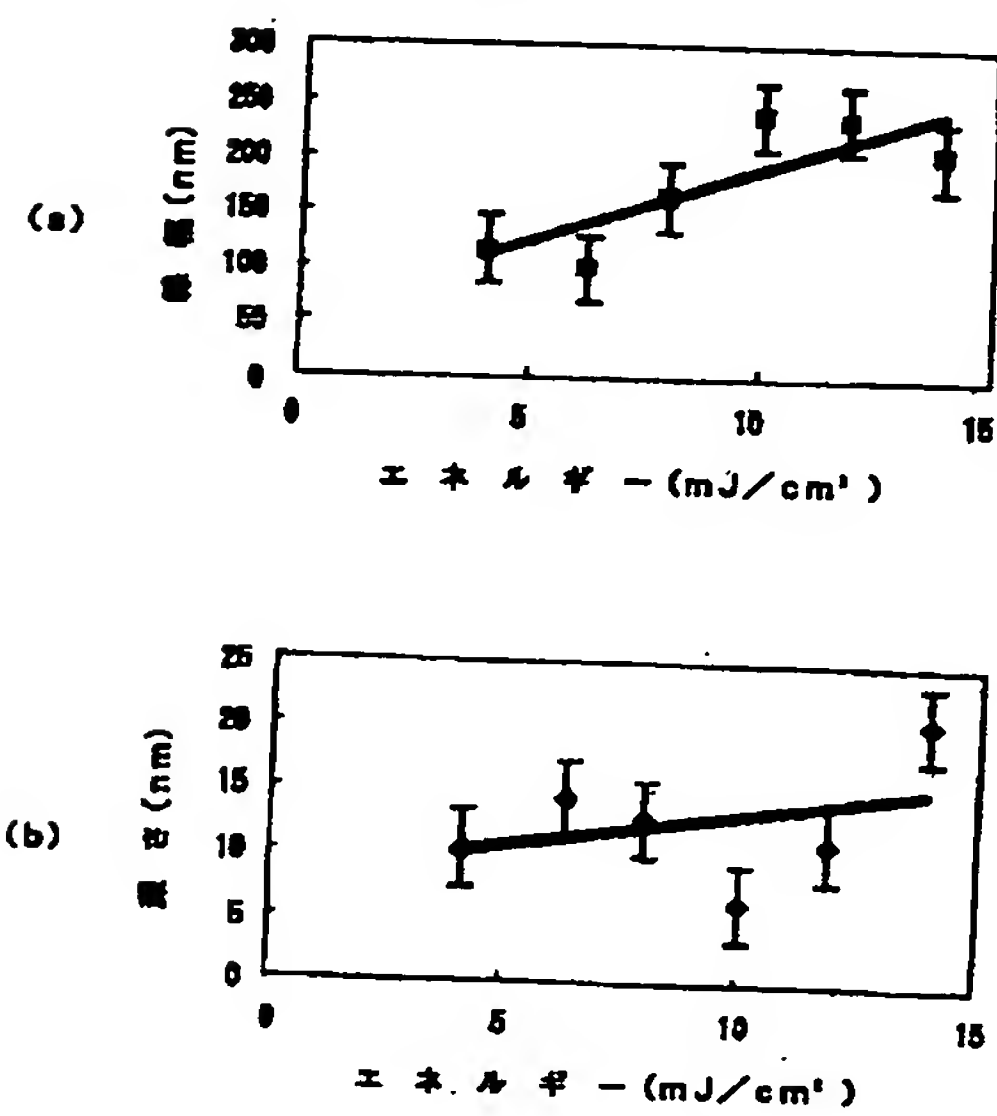
【図1】



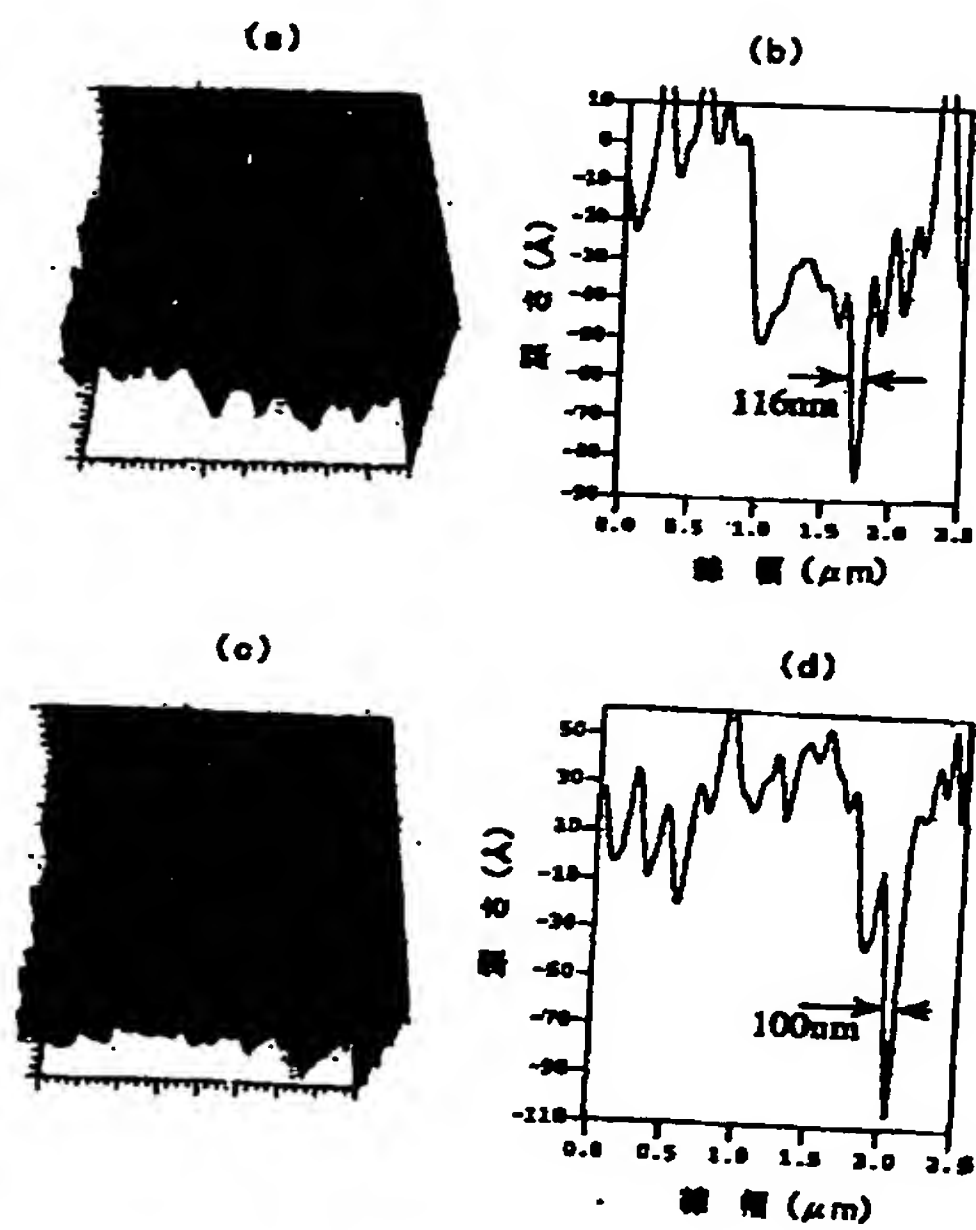
【図2】



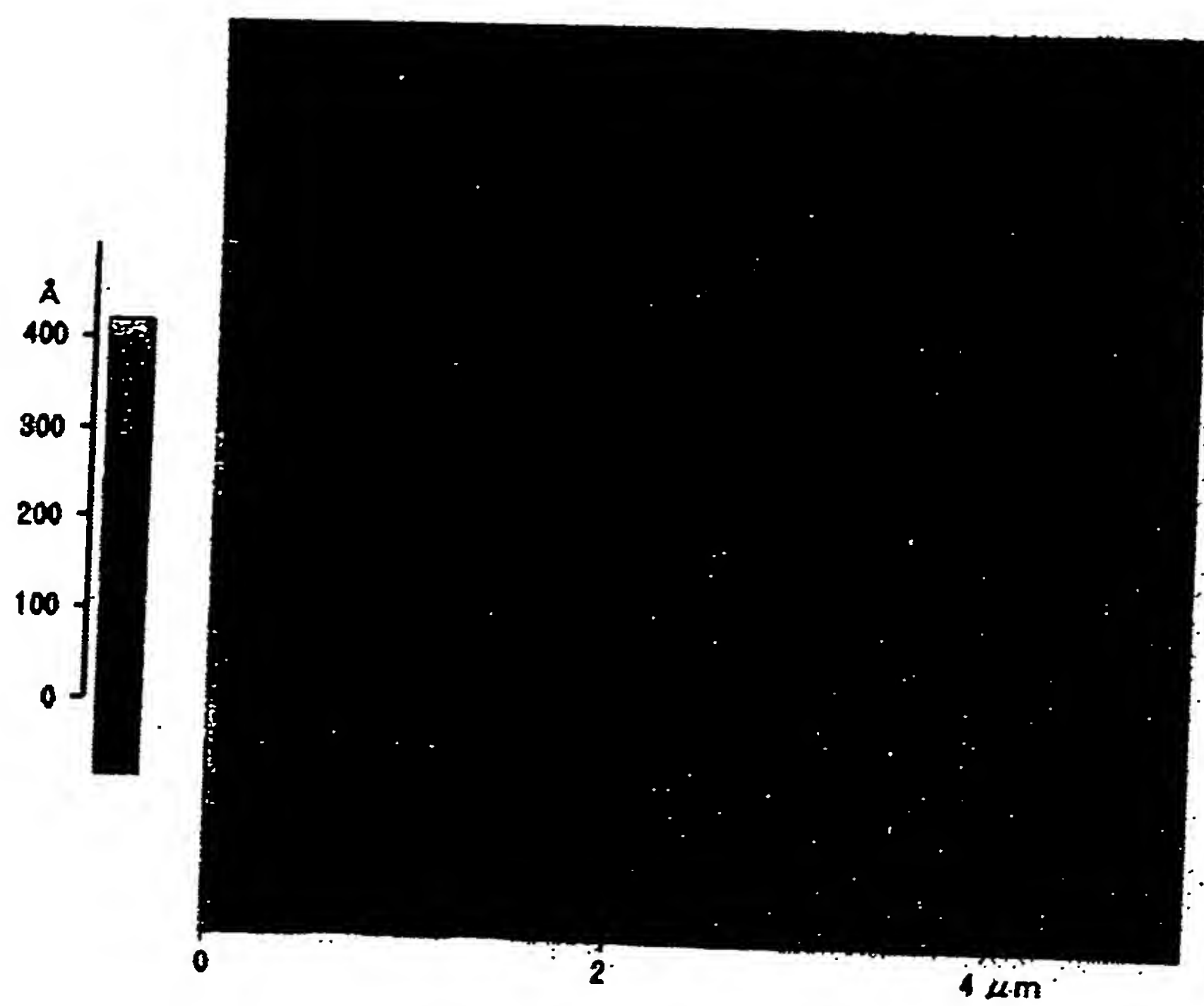
【図3】



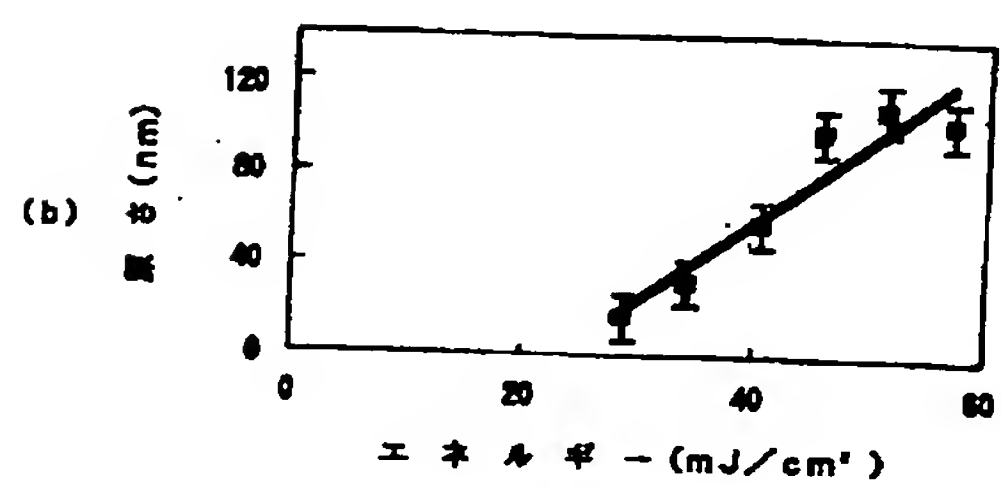
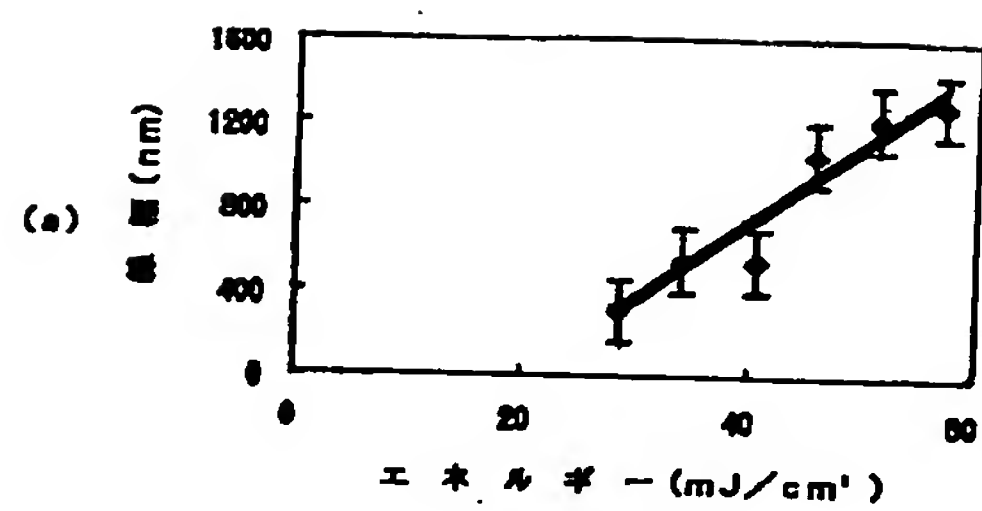
【図4】



【図5】



【図6】



(8)

特開2003-7599

フロントページの続き

(51)Int.Cl.
B23K 101:40

識別記号

FI
H01L 21/30

502D
ターミナル (参考)